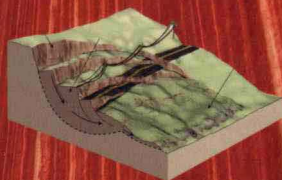


發行第六版，全美最暢銷地球科學讀本

觀念地球科學 I

地質・地景

Foundations
of
Earth Science
6th edition



by Lutgens/Tarbuck/Tasa

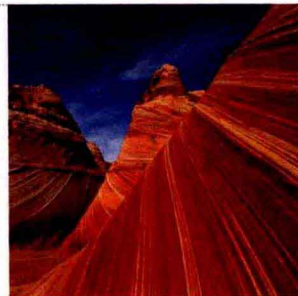
王季蘭 譯

天下文化
科學天地

科學天地 501

觀念地球科學 I

地質・地景



原 著／呂特根、塔布克、塔沙
譯 者／王季蘭
顧 問 群／林 和、牟中原、李國偉、周成功
科學館總監／林榮崧
責任編輯／林文珠
美術編輯暨封面設計／江儀玲

出 版 者／天下遠見出版股份有限公司
創 辦 人／高希均、王力行
遠見・天下文化・事業群 董事長／高希均
事業群發行人／CEO／王力行
出版事業部總編輯／王力行
版權部經理／張紫蘭
法律顧問／理律法律事務所陳長文律師
著作權顧問／魏啟翔律師
社 址／台北市104松江路93巷1號2樓
讀者服務專線／(02) 2662-0012
傳 真／(02) 2662-0007 2662-0009
電子信箱／cwpc@cwgv.com.tw
直接郵撥帳號／1326703-6號 天下遠見出版股份有限公司
電腦排版／極翔企業有限公司
製 版 廠／東豪印刷事業有限公司
印 刷 廠／立龍藝術印刷股份有限公司
裝 訂 廠／明和裝訂有限公司
登 記 證／局版台業字第2517號
總 經 銷／大和書報圖書股份有限公司 電話／(02) 8990-2588
出版日期／2012年10月12日第一版
2012年12月5日第一版第3次印行

定 價／380元
書 號／WS501

原著書名／FOUNDATIONS OF EARTH SCIENCE, 6th Edition
Authorized translation from the English language edition, entitled
FOUNDATIONS OF EARTH SCIENCE, 6th Edition, ISBN: 0321663020
by LUTGENS, FREDERICK K.; TARBUCK, EDWARD J.;
TASA, DENNIS, published by Pearson Education, Inc, publishing as
PrenticeHall.
Copyright © 2011, 2008, 2005 Pearson Education, Inc., publishing as
Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07548
Complex Chinese Edition Copyright © 2012 by Commonwealth Publishing
Co., Ltd., a member of Commonwealth Publishing Group
All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted
in any form or by any means, electronic or mechanical,
including photocopying, recording or by any information storage retrieval
system, without permission from Pearson Education, Inc.

本書由Pearson Education, Inc.授權出版。未經本公司及原權利人書面
同意授權，不得以任何形式或方法（含數位形式）複印、重製、存
取本書全部或部分內容。

ISBN：978-986-320-037-6（英文版ISBN: 0321663020）

BOOKZONE 天下文化書坊 <http://www.bookzone.com.tw>
※本書如有缺頁、破損、裝訂錯誤，請寄回本公司調換。



科學天地 501 World of Science

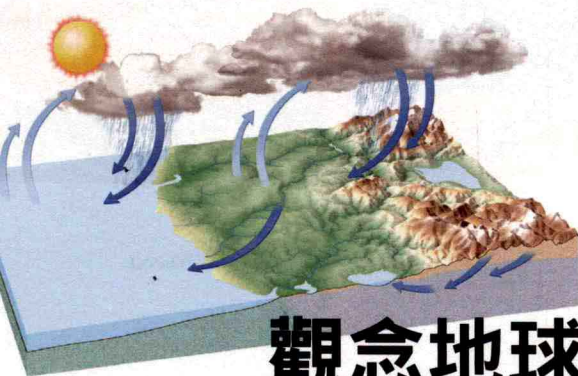
觀念地球科學 I

地質・地景

FOUNDATIONS OF
EARTH SCIENCE
Sixth Edition

by Frederick K. Lutgens Edward J. Tarbuck Dennis Tasa

呂特根、塔布克／著 塔沙／繪圖 王季蘭／譯



觀念地球科學 I

地質・地景

目錄

序 如何閱讀《觀念地球科學》 006

第0章 地球科學簡介 009

什麼是地球科學？／地球／地球系統／地球科學的空間與時間尺度／
能源與環境議題／科學問題的本質／研究地球科學

第一部 構成地球的物質 042

第1章 礦物——組成岩石的基本物質 043

礦物：組成岩石的基本物質／原子：組成礦物的基本物質／
原子為何鍵結／同位素與放射性衰變／礦物的物理特性／
礦物族群／礦物資源

第2章 岩石——固態地球物質 087

地球系統：岩石循環／火成岩：「由火形成」／岩石風化成沉積物／
沉積岩：壓實與膠結的沉積物／變質岩：脫胎換骨的岩石

第二部 刻劃地表

144

第3章 地景——水孕育大地

145

地球的外部作用／地球系統：岩石循環／水循環／流動的水／河川流量／
流水的作用／河道／基準面與河流的侵蝕作用／塑形河谷／沉積地形／水系型
洪水與洪水控制／地下水：地表之下的水／地下水的分布與流動／
泉水／水井／自流井／地下水的環境問題／地下水的地質作用

附錄 A 公制與英制單位對照

226

附錄 B 礦物檢索表

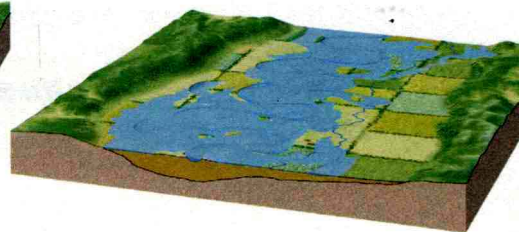
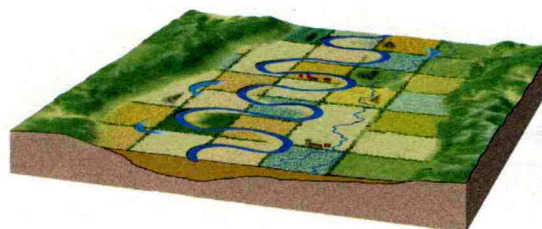
229

附錄 C 相對溼度表與露點表

233

附錄 D 地球的方格系統

235



觀念地球科學

[Foundations
of
Earth Science
6th edition]

《觀念地球科學 I 》

序 如何閱讀《觀念地球科學》
第 0 章 地球科學簡介

第一部 構成地球的物質

第 1 章 礦物
——組成岩石的基本物質

第 2 章 岩石
——固態地球物質

第二部 刻劃地表

第 3 章 地景——水孕育大地

附錄 A 公制與英制單位對照
附錄 B 礦物檢索表
附錄 C 相對溼度表與露點表
附錄 D 地球的方格系統

《觀念地球科學 II 》

第 4 章 冰川與乾旱地景

第三部 內營力

第 5 章 板塊構造——科學理論解密

第 6 章 地震、地質構造和造山運動
——永不停歇的地球

第 7 章 火山活動
——雄雄燃燒的內火

《觀念地球科學 III》

第四部 地球歷史解密

第 8 章 地質年代

第五部 地球的海洋

第 9 章 海洋——未知的邊境

第10章 永不止息的海洋

第六部 地球的動態大氣

第11章 加熱大氣

第12章 水氣、雲和降水

《觀念地球科學 IV》

第13章 運動中的大氣

第14章 天氣型態與劇烈天氣

第七部 地球在宇宙中的地位

第15章 太陽系的特性

第16章 超越太陽系

序

如何閱讀《觀念地球科學》

《觀念地球科學》是為了想對地球科學有初步瞭解的人設計的，整套書共分為七個單元，強調地質學、海洋地質學、氣象學、天文學中最新與最基礎的重點。

《觀念地球科學》套書希望以有意義，但不是技術本位的調查，提供對地球科學有興趣、但沒有科學背景的學子或朋友，可讀性高的讀本。書中資料不但豐富且新穎，此外，也盡力做到地球科學初學者的需求，內容易讀且可親。而且這套書可以當工具，用來瞭解基礎地球科學的觀念與概念。

保證讀得津津有味

這套書的文字描述直白易懂，討論清晰易讀，並且盡可能少用晦澀的專有名詞。內文中的大標題、中標題、小標題也有助於讀者跟上書中的討論，並指認出每章的重點。

精美繪圖更有看頭

地球科學是很需要圖片解說的學科，所以在地球科學的入門讀物上，藝術表現就扮演了關鍵的角色。

塔沙（Dennis Tasa）是才華洋溢的藝術家，也是備受尊崇的地球科學繪者，他再次與兩位作者密切合作，畫出了圖、表、地圖等等，讓讀者可以更清楚地球科學的內容。

章末複習不疏漏

每章結束時，有三個有用的工具幫助讀者複習章節內容。首先是「重點觀念回顧」，再來是「關鍵名詞解釋」——學習地球科學專用的語言，有助於學習相關知識。最後是「觀念檢驗」，這讓讀者能測試自己對於重要的內容與概念，是不是有足夠的瞭解。

誌謝

寫這樣的一套書，需要許多人的幫忙以及貢獻聰明才智。我們很重視 Spring Hill College 的 Mark Watry 與 Teresa Tarbuck 的意見，他們協助我們改進了第 2 章、第 15 章以及第 16 章，讓內容更易讀，也增加了最新資料，

塔沙負責本書的所有繪圖，我們的交情特殊，我們不僅重視他的藝術天分及想像力，也珍視他的友誼。

也要相當感謝那些深度評閱本書的同事，他們的建言引領著這部作品，並增強了內文。要特別感謝的有：

Patricia Crews, Florida Community College of Jacksonville; Adam Davis, Vincennes University; Doug Fischer, CSU Northridge; Richard Kroll, Kean University; Carrie Manfrino, Kean University; Gustavo Morales, Valencia Community College; William Parker, Florida State University; Patrick Seward, Rogers State University; Krista Syrup, Moraine Valley Community College; Courtney R. Voehl, Indian River State College; Lisa Yon, Palomar College.

一如往常，我們要感謝 Pearson Prentice Hall 專業的工作團隊，並感謝出版社持續強力支持卓越與創新，盡全力呈現最好的內容。

特別感謝新任的地質學編輯 Andy Dunaway 以及我們認真的出版計畫經理 Crissy Dudonis，才能完成這麼漂亮的成果。由 Pearson 的 Maureen Pancza 以及 GGS Higher Education Resource 的 Kelly Keeler 率領的製作團隊，也有卓越的表現。所有人都這麼專業，我們很幸運能與之共事。

呂特根

塔布克

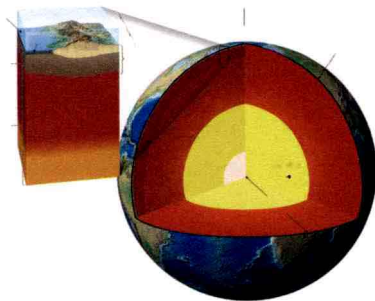
地球科學簡介

學習焦點

留意以下的問題，

對掌握本章的重要觀念將相當有幫助：

1. 地球科學是由哪些科學學門共同組成的？
2. 地球的自然環境是由哪四個「圈」組成的？
3. 地球本身主要分為哪幾層？
4. 為何我們應把地球視為一個系統？
5. 驅動地球系統的能量從何而來？
6. 地球有哪些重要的環保議題？
7. 科學假說與科學理論有何不同？



火山噴發的壯觀、岩岸壯麗的美景、颱風的超強破壞力，都是地球科學家研究的課題。地球科學就是在解決許多與我們環境有關的迷人卻又實際的問題。是什麼樣的力量造就了群山萬壑？為什麼天氣這麼陰晴不定？氣候真的在變遷嗎？地球的年齡是多少？以及地球與太陽系內其他行星相比是老還是年輕？海洋為何會有潮汐？冰期是什麼樣子？會有下一個冰期嗎？我的腳底下可能存在一個生生不息的湧泉嗎？

這本書的主題就是地球科學。瞭解地球不是件簡單的事，因為我們這顆行星不是一個靜止不變的固體，更切確的說，它是一個動態天體，擁有許多互相作用的構造，以及悠久與複雜的歷史。



什麼是地球科學？

地球科學是綜合的科學，是指所有試圖瞭解地球及其太空鄰居的各門科學，其中包括了地質學、海洋學、氣象學與天文學。

在這本書裡，第 I 部到第 IV 部談的是**地質學**，顧名思義，這是與地球本身有關的科學。傳統上把地質學分為兩大部分——自然地質學與歷史地質學。

自然地質學是檢視地球組成物質的科學，並探索地底下與地表各種作用發生的過程。地球是一顆動態且無時不在變化的行星，地球內部的力會引發地震、驅使造山運動、或創造出火山構造。在地表，地球外部的力會把岩石劈裂，刻蝕地表，造就出各式各樣的地形。水、風與冰的侵蝕作用，讓地球上的我們有幸能欣賞多采多姿的地景風貌。由於岩石與礦物的形成反映出地球內部與外部的作用力，因此研究地球的成分，就成了瞭解

我們這顆行星的最基本課題。

相對於自然地質學，歷史地質學的目的在於瞭解地球的起源，與它 46 億年的演變歷史，致力於把地質歷史上曾發生過的物質與生物變化，按時間排列做整理。從邏輯上來說，自然地質學的研究要在歷史地質學之前，因為在我們試圖揭開地球歷史的面紗之前，必須要先瞭解地球是如何作用的。

第 V 部〈地球上的海洋〉專門討論**海洋學**。事實上，海洋學不是獨立的科學，我們甚至可以說，在研究海洋學的過程中，它的複雜性與互相關聯性把所有科學都牽扯進來了。海洋學整合了化學、物理學、地質學與生物學，研究的範圍包含海水的組成與運動，以及海岸變化、海洋地形學與海洋生物（圖 I.1）。



圖 I.1 日本地球號是世界上最先進的科學鑽探船，它可以從水深 2,500 公尺的海床，向下鑽 7,000 公尺。日本地球號屬於「整合海洋鑽探計畫」（Integrated Ocean Drilling Program, IODP）的一部分。（Photo by kayakaya/Flickr）

第 VI 部〈地球的動態大氣圈〉研究的是受地球重力吸引的氣體混合物，距離地表愈高愈稀薄。這層摸不著也看不見的大氣，受到地球運動與來自太陽能量的混合效應作用，產生了變化多端的天氣型態，因此創造出地球的基本氣候模式。**氣象學**是研究大氣圈以及天氣與氣候形成過程的科學。跟海洋學一樣，在研究圍繞在地球外那層薄薄空氣的過程中，氣象學同樣整合了許多其他科學的應用。

第 VII 部〈宇宙中的地球〉闡明的是，要瞭解地球，需要把地球與浩瀚的宇宙相提並論。這是因為地球和太空裡的其他任何天體都有關連，研究宇宙的**天文學**對於探索我們環境的起源非常有幫助。由於我們對於自己居住的這顆行星非常熟悉，因此很容易忘記，地球只是廣大宇宙裡的一顆微小天體。的確，我們的地球與太空裡的許多其他天體，都受到相同的物理定律支配，所以，瞭解地球起源有助於我們認識太陽系裡的其他成員。此外，若你可以把太陽系視為組成我們銀河的眾多星體的一小部分，這個觀念將非常受用，因為就連我們的銀河，也只是宇宙中眾多星系裡的一個。

瞭解地球不是件簡單的事，因為這顆行星是個會變動的天體，有許多互相作用的構造，並有複雜歷史。地球長久以來，一直是以不斷演變之姿存在於宇宙中，事實上，在你閱讀本書這一頁的當下，地球正在改變，且在可預見的未來也依舊會如此。有時候，當發生劇烈的暴風雨、山崩或火山爆發時，地球的改變是快速且猛烈的，然而大多數的時候，地球的改變都是緩慢進行的，甚至因為過於緩慢，人終其一生都感覺不到這些變化。地球科學研究的各種現象，在尺度與空間上，也有很大的差異。

地球科學常常被視為是在戶外進行研究的科學，事實上也確是如此。地球科學家的研究絕大部分是根據在野外的觀察與實驗來進行的；但有些也會在實驗室裡進行，例如，研究各種地球的組成物質，有助於洞悉許多基本的作用過程，而複雜的電腦模式的建立，可以用來模擬我們地球捉摸

不定的氣候系統。地球科學家常常需要瞭解與應用物理學、化學、生物學的知識和原理。地質學、海洋學、氣象學與天文學等等這些科學，就是為了讓我們對自然世界以及地球有更進一步的認識。



圖 1.2A 的照片，讓阿波羅 8 號上的太空人以及全人類，對地球有了一個獨特的印像。從太空中望地球，它的美令人驚豔，它的孤獨也令人詫異。這樣的形象提醒我們，我們的家園畢竟只是一顆行星，它渺小、自給自足，但某些方面而言，甚至非常脆弱。

當我們從太空仔細觀察地球，會輕易發現地球不是只由岩石和土壤組成的，事實上從圖 1.2A 看來，地球最顯眼的部分並非陸地，而是飄浮在地表上方的旋渦狀雲層，以及廣大的湛藍海洋，這些特徵在在凸顯，空氣與水對我們地球的重要性。

從太空中更近一點看地球，如圖 1.2B 那樣，我們便能體會為什麼傳統

1492 年，哥倫布的探險之旅啟航時，歐洲仍有許多人以為地球是平的，認定哥倫布會航行到地球的邊緣。然而，再往前追溯兩千多年，古希臘人老早就知道地球是球體，因為月食出現時，地球投射在月亮上的陰影總是彎曲的。事實上，埃拉托斯特尼（Eratosthenes, 276-194 B.C.）曾計算出地球的周長，得到的數值與現今的測量值（40,075 公里）非常接近。

你知道嗎？



上總是把地球分為三大部分：含水的地球，也就是所謂的**水圈**；包圍住地球的空氣，也就是**大氣圈**；以及固態地球，**地圈**。

我們應該強調，我們的地球環境幾乎是一體的，而非單單由水、空氣與岩石所主導。的確，地球環境的特徵就是擁有持續的交互作用，像是空氣與岩石、岩石與水、以及水與空氣的接觸。此外，把觸角伸向這三大範疇的**生物圈**，這些所有生存在地球上的生命形式，同樣也是這顆行星不可



圖1.2 A. 當阿波羅8號太空船從月球背後出現時，最先映入眼簾的，就是地球如此令人讚嘆的樣貌。B. 在這幀由阿波羅17號拍攝的經典照片中，非洲與阿拉伯最為顯眼，未被雲層壟罩的棕褐色陸塊，正是幾個大沙漠地區的位置。雲層帶橫越中非，與此地是熱帶雨林，氣候潮濕有關。深藍色的海洋與漩渦狀的雲層結構提醒我們，海洋與大氣的重要。受冰川與冰覆蓋的南極洲也清晰可見。（Photo by NASA）

或缺的一部分。因此，地球可視為由下列四個「圈」組成的：水圈、大氣圈、地圈與生物圈。

地球這四個「圈」之間的交互作用是無法估算的。圖 1.3 提供了一個很容易想像的例子。海岸線顯然是岩石、水與空氣三者交會的場所，在這個畫面中，海水受吹拂海面的空氣拉引，形成海浪，海浪與沿岸接觸時破碎成浪花，此時，水的力道可能很強，連帶造成的侵蝕作用也可能很驚人。



圖 1.3 系統中不同部分發生交互作用的共用邊界，叫做「界面」，海岸線就是一個很明顯的界面。在這幀照片中，空氣（大氣圈）移動產生的力，沿著海岸製造出海浪（水圈），海浪卻在遇到岩岸（地圈）時碎裂成浪花。水的力道可能很強勁，連帶造成的侵蝕作用也可能很驚人。

（Photo by iStockphoto/
Thinkstock）

海水的量非常豐沛，
假使我們把地球當做一個表面非常平滑的球體，
用現今海洋均勻包覆地球，會形成厚度 2 公里的水層！

你知道嗎？

